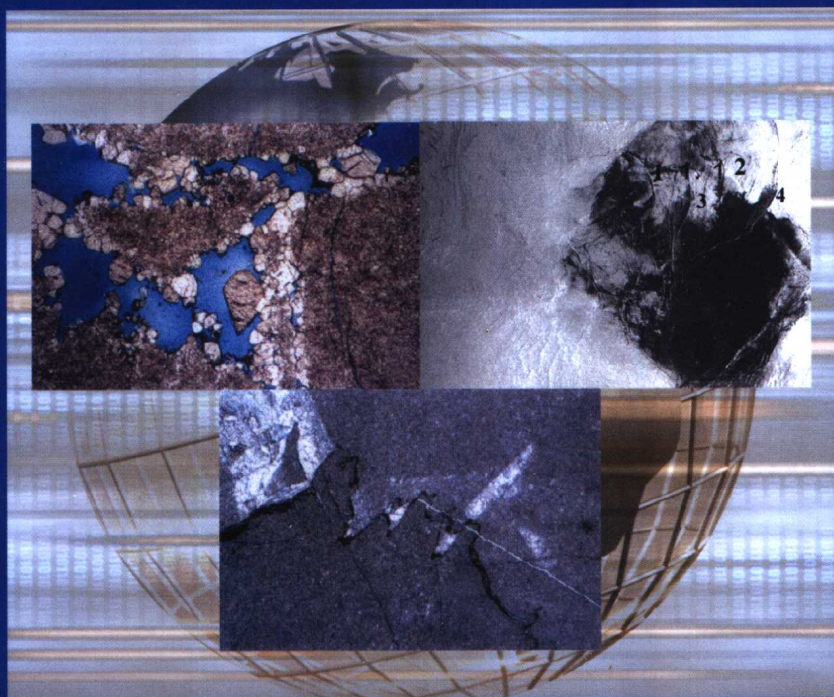


ArcView地理信息系统 空间分析方法

汤国安 陈正江 赵牡丹 刘万青 刘咏梅



科学出版社

www.sciencep.com

内 容 简 介

本书是作者在总结近年来利用 ArcView GIS 软件进行地学分析研究、工程应用和教学经验的基础上编写而成。

全书共分 14 章, 主要内容包括 ArcView 的功能介绍、ArcView 的空间分析方法、ArcView 的应用实例以及 ArcView 的空间分析精度研究等。全书图表丰富、脉络清晰, 有大量明晰的操作步骤和典型的应用实例, 会使读者对 ArcView 的各项功能及其在地学分析上的应用有一个全面的掌握。

本书可作为 ArcView 应用人员的参考书, 亦可作为高等院校地理信息系统课程实习的辅助教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

ArcView 地理信息系统空间分析方法/汤国安等编著.
—北京: 科学出版社, 2002

ISBN 7-03-010717-9

I . A… II . 汤… III . 地理信息系统—应用软件,
ArcView IV . P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 065056 号

责任编辑: 彭胜潮 杨红/责任校对: 包志虹
责任印制: 刘秀平 /封面设计: 张放

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

西源印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002年10月第一版 开本: 787×1092 1/16

2002年10月第一次印刷 印张: 15 1/2

印数: 1—4 000 字数: 357 000

定价: 30.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

前 言

地理信息系统 (Geographic Information System, 简称 GIS) 是对空间信息进行描述、采集、处理、存储、管理、分析和应用的一门新兴学科。在国外, GIS 已发展成为一个比较成熟的产业; 在我国, GIS 技术也日益受到各级政府和产业部门的重视, 并在测绘、资源管理、城乡规划、灾害监测、环境保护、国防建设等领域发挥着越来越重要的作用。

当前, 在众多的地理信息系统平台软件中, ArcView GIS 桌面地理信息系统因其界面友好、使用方便、功能模块齐全而受到广大 GIS 用户, 特别是地学分析、应用人员的欢迎。但是, 由于 ArcView 软件平台仅提供地学空间分析的一般模块, 而大量的地学分析需要根据具体的分析模式与要求, 在原有的功能模块基础上做较为复杂的操作或二次开发, 因此, 根据在地学与 GIS 领域的最新研究成果, 编写一本利用 ArcView GIS 平台软件, 专门解决有关地学空间分析问题的著作是非常必要的。

近年来, 在国家“863”、“973”计划等科学研究项目的支持下, 作者在 GIS 的地学分析方法、DEM 地形信息的知识挖掘、空间数据及其分析的不确定性等方面进行了一系列的研究, 总结出一套利用 ArcView 软件进行地学空间分析的有效方法, 在西北大学及香港理工大学地理信息系统专业大学本科、研究生的教学中也得到成功的应用。本书对其中的关键技术进行了较为系统的总结。全书共分 14 章, 第一至第七章, 结合地理信息系统的基本理论与方法, 系统地介绍了 ArcView 的基本功能; 第八至第十三章进一步探讨了 ArcView GIS 空间分析、三维分析及网络分析的理论方法与应用实例。最后, 还就利用 ArcView GIS 软件进行数字高程模型 (DEM) 空间分析的不确定性问题进行了深入的探讨。

本书大部分的实验工作在西北大学大陆动力学教育部重点实验室完成。在编撰本书的过程中, 北京富融科技有限公司的尚东高级工程师给予了很多资料上的帮助, 西北大学地理信息系统专业的研究生杨玮莹、张勇、朱红春、邹秀平、杨昕、刘爱丽、易宏伟、李晓印、张婷等同学也参与了部分实验工作, 在此一并表示感谢。

由于作者水平和时间有限, 书中难免存在疏漏之处, 恳请读者批评指正。

作 者

2002 年 6 月于西北大学

目 录

前 言	
第一章 GIS 与 ArcView	1
第一节 地理信息系统简介	1
第二节 GIS 的数据模型	4
第三节 地理信息系统的空间分析功能	6
第四节 ArcView GIS 简介	9
第二章 “项目”、“主题”与“视图”	19
第一节 ArcView 中的项目及其管理	19
第二节 主题 (Theme)	20
第三节 视图 (View)	22
第四节 主题表 (Theme Table)	24
第五节 主题的地理关联与视图投影	25
第三章 “主题”的展示	30
第一节 图例编辑	30
第二节 图例要素的修改和符号缩放	34
第三节 用主题特征控制主题显示	36
第四章 ArcView 表格	40
第一节 用 ArcView 创建新表格	40
第二节 加载外来表格	41
第三节 表格的编辑	43
第四节 表格的连接	44
第五节 表格的链接	46
第六节 表格数据的归纳与统计	47
第七节 表格的打印输出	49
第五章 Shape 文件及其编辑	50
第一节 Shape 格式及其优点	50
第二节 Shape 文件的编辑	54
第三节 建立 Shape 文件的热链接	64
第六章 专题地图编制	66
第一节 版面设计(Layout)的操作基础	66
第二节 版面设计的一般步骤	67
第三节 图面素材的重新组织	73
第四节 创建用户模板	74

第五节 专题地图的打印	75
第七章 ArcView 用户界面的自定义	78
第一节 自定义用户界面	78
第二节 Avenue 程序语言初步	89
第三节 ArcView 与其他应用程序的集成	97
第八章 空间分析导论	99
第一节 空间数据	99
第二节 空间分析	103
第九章 ArcView 的空间分析基础	112
第一节 栅格主题的简单显示	112
第二节 栅格主题查询及显示	114
第三节 有关栅格主题空间分析的几个基本操作	118
第四节 栅格主题的命名、管理与 No Data 数据的处理	123
第十章 ArcView 空间分析基本功能	129
第一节 距离制图功能	129
第二节 密度功能	131
第三节 表面功能	133
第四节 可视性分析	140
第五节 统计功能	145
第六节 选择、数学运算功能	150
第七节 邻域分析、重分类功能	154
第八节 水文分析	158
第十一章 ArcView 空间分析例证	167
第一节 地形指标提取	167
第二节 明暗等高线图的制作	176
第三节 退耕还林还草的监测研究	179
第十二章 ArcView 的三维分析模块	186
第一节 三维透视观察	186
第二节 三维形状的建立	198
第三节 表面模型的建立	200
第四节 表面分析	205
第十三章 ArcView 网络分析	208
第一节 ArcView 网络分析概述	208
第二节 ArcView 网络分析的基本功能	209
第十四章 ArcView DEM 地形分析精度	221
第一节 DEM 地形描述误差的量化模拟	221
第二节 不同比例尺 DEM 提取地形因子的精度初探	227
第三节 DEM 提取地面坡度的不确定性模拟	235
参考文献	241

第一章 GIS 与 ArcView

第一节 地理信息系统简介

1. 什么是地理信息系统

在信息化高速发达的现代社会，至少在知识界，人们对“信息系统”都不感陌生，各种各样的管理信息系统、咨询服务系统、决策支持系统乃至专家系统在夜以继日地帮助人们进行着规划、管理、决策、事务处理及信息咨询，极大地提高了人们的工作效率，方便了人们的生活。但在更多的时候，人们规划、管理、决策、事务处理及信息咨询的内容常常必须与周围的地理环境和地理位置相联系，就像人们经常使用的地图或图纸，不仅要能表达事件发生的过程和结果，还要能表达事件发生的地点、周围环境以及与其他事物之间的空间相互关系等，这就产生了地理信息系统(Geographic Information System, 简称 GIS)。

从地理信息系统的专业角度看，可以将人们经常使用的信息划分为两类——空间信息和非空间信息。所谓空间信息，就是信息内容本身就包含有形状、分布、空间定位、空间相互关系等内容的信息，如一条道路、一座桥梁、或一幢建筑物、一个行政区、一个天体等的几何形状及其所处的空间位置等。

地理信息是人们应用最多的空间信息，根据统计，人们日常使用信息的 80%以上都是地理信息。远在 4000 多年前，人们就学会了使用地图，从而掌握了与地理空间信息打交道的直观、简易的方法。而现代科学技术的发展，已将人们带入了一个前所未有的信息时代，计算机的使用和数据库技术的快速发展更使人们学会了用信息系统管理和使用信息。

地理信息系统就是能够输入、存储、管理并处理分析地理空间数据的信息系统。地理信息系统是信息系统技术发展到高级阶段的产物，它不仅是随计算机软件技术发展的“应运而生”，而且在很大程度上也得益于计算机硬件水平的发展。试想，一个有实际应用价值的地理信息系统少则几十兆、大则数十吉（1 吉=1000 兆）字节或更大规模的图形或图像信息，其存储、显示和快速的处理分析，对早期的计算机系统，特别是早期的微型计算机系统来说是多么的不可思议。

2. 地理信息系统的产生

地理信息系统最早萌芽于北美，20 世纪 60 年代初，加拿大的 Roger F. Tomlinson 和美国的 Duane F. Marble 在不同的地方、从不同角度提出了地理信息系统的构想。Tomlinson 于 1962 年提出利用数字计算机处理和分析大量的土地利用数据，建议加拿大土地调查局建立加拿大地理信息统(CGIS)。1972 年，CGIS 全面投入运行，成为世界

上第一个运行的地理信息系统。CGIS 提出的地理数据模型、栅格-矢量数据相互转换、空间数据、属性数据连接及空间数据在空间上分块、在内容上分层等基本的设计思想,为地理信息系统技术的后来发展起到了奠基作用。

几乎是在同一时间, Duane F. Marble 在美国西北大学研究利用数字计算机研制数据处理软件系统,以支持大规模城市交通研究,并且还提出了地理信息系统软件系统的思想。来自美国西北技术研究所的 Howard Fisher 教授在福特基金的资助下,建立了哈佛大学计算机图形与空间分析实验室,开发了 SYMAP\ODYSSEY 等软件包,其中, SYMAP 对当今的栅格地理信息系统有相当影响,而 ODYSSEY 则被认为是当代矢量地理信息系统的原型。

其实,地理信息系统是计算机地理制图和计算机图像处理技术发展的必然产物。一方面,在 20 世纪 60 年代,随着世界经济的快速发展,对地形图的数量和质量提出了更高要求,一般的手工作业方式已远远不能满足地形图生产的要求,也不能对日新月异的发展变化及时更新,而计算机技术的发展,使使用计算机进行地图制图成为了客观上的必然。另一方面,航空和航天遥感技术的发展,又使得人们必须寻找遥感资料的快速与高精度的处理方法,这同样要用到计算机,这两方面的共同要求,必然刺激计算机图像处理技术的快速发展。

由于计算机地理制图和计算机图像处理均是对地面地理对象进行的,两者之间必然有相同的基础和内容,如投影、误差、控制点、比例尺等基本制图信息,以及地名、行政界、交通、河流、居民点等基本地理信息。更重要的一点是两者又往往是同一技术过程的不同阶段,也就是说,计算机图像处理和计算机地理制图往往是同一批人,从事同一项研究而进行的不同阶段的工作,所以,人们很自然地会将它们结合起来。随着技术的发展,将两者基础的部分和共同的部分统一为一致的理论与方法,从而产生了地理信息系统。

当由计算机地理制图和计算机图像处理产生了地理信息系统,地理信息系统就不再是纯粹的计算机地理制图系统或纯粹的计算机图像处理系统,并再也不是这两者功能的简单相加,它有了更广阔的应用领域和更深层次的用途。

3. 当代 GIS 的发展趋势

地理信息系统自 20 世纪 60 年代产生以来,已有 40 多年的发展历程,它极大地拓宽了信息系统技术的应用范围和应用深度,特别是随着计算机硬、软件技术的快速发展,地理信息系统技术也发生着日新月异的变化,目前正处在一个极快的发展阶段,其应用已不仅局限于测绘、地矿、制图、资源与环境管理等传统领域,其在设施管理、交通管理、工程建设、城市规划、灾害防治、灾害评估、文物考古等领域中也愈来愈扮演着重要的角色。此外,地理信息系统还进入了军事战略分析、商业策划和文化教育等更为广泛的领域,甚至还和其他科学技术结合,进入了普通人的生活。它目前的发展趋势,主要表现在以下几点:

1) 面向大型的应用和面向公众的应用均加速发展

一方面,在大型工程应用方面,如美国内务部土地管理局的自动土地与矿产资源系统(ALMRS)和森林局“615”工程,仅硬件和软件的耗资就高达 12 亿多美元;美国海

军的海图计划，建库的费用也在数亿美元。另一方面，一些面向公众的应用，如城市交通咨询、旅游景点咨询等也通过计算机网络将各种空间信息传送到千家万户。如美国已有城市试验通过电视有线网向公众发布城市交通、市政设施等空间信息。香港地政署与香港旅游协会(TA)也正着手建立香港旅游信息系统，该系统的基础数据直接来源于地政处的大型数据库，旅游信息则由旅游部门提供。计划首先在尖沙嘴等旅游热点安装触摸屏，游客可以通过触摸屏直接了解香港的地理和旅游信息。

2) GIS 应用的微机化

随着计算机硬件技术的飞速发展，使原来主要运行于图形工作站上的地理信息系统大都转向了个人电脑和微型计算机系统。这一变化的实践意义远远超过了它在技术上的进步。由于微机数量很多，并且分布广泛，这就使得 GIS 技术可以迅速地普及到千家万户和社会的各个领域，成为“寻常百姓”可以共享的技术，这极大地拓宽了 GIS 的市场，同时也刺激了 GIS 技术的快速发展。

3) GIS 的网络化和 Web GIS

随着计算机网络技术的发展和普及，基于网络的分布式地理信息系统已成为大、中型地理信息工程的必然选择。特别是基于政府的，或基于大、中型行业的信息系统要求能实时、快速地连接各行政组织和基层单位快速变化着的各种信息，以便及时调整方案或做出决策，就必须建立全组织的基于网络的地理信息系统。而有的地理信息系统，如城市交通管理信息系统、铁路运输调度系统等，其环境就必须是基于网络的。

Internet 的快速普及也极大地改变了人们的工作和生活方式。基于 Internet Browser/Server 的应用形式已经成为一种工业标准，被广泛地应用于信息的发布、检验等诸多领域，成为世界上最大的信息网。因而在 Internet 上发布和传输地理信息，使普通人可以用浏览器浏览和查询地理信息，甚至进行简单的地理分析，已成为众所向往的一种趋势。

4) GIS 与遥感及 GPS 的结合

遥感可以实时、快速和大范围获得地面各种地理信息，这使得遥感和 GIS 相结合的系统在许多关系国民经济、人民财产安全和国家中、长期战略规划的应用中表现出了无可比拟的优越性。如在农作物估产、水土资源利用规划、交通能源规划、环境监测、森林火灾预警、干旱洪涝灾害防治等领域，地理信息系统和遥感数据采集系统相互配合、相互补充，就能及时、准确地将遥感实时观测数据与 GIS 中的基础地理数据、DEM、地名数据、社会经济统计数据相综合，并通过 GIS 各种预设的空间分析模型进行计算分析，获得各种需要的分析结果和决策信息。

GPS(Global Position System，即“全球定位系统”)是一种快速、高精度的获得地面定位信息的新技术，GIS 和 GPS 相结合的系统在城市交通管理、智能化交通指导系统中显示了强大的功能。如通过车载 GPS 系统，出租车公司就可以对全公司的车辆进行动态管理，并可以在车内进行路线选择；GPS 用于野外调查，可以大大提高野外调查的工作效率。GIS 与 GPS 的结合，也是 GIS 当前应用领域发展的重要方向之一。

5) GIS 的智能化

GIS 的智能化，也就是 GIS 与专家系统的结合。随着当前地理信息系统应用的广泛深入，大型应用中要求处理或要求决策的问题愈来愈复杂，其中有相当一部分问题是数

学模型或其他模型也难以解决的，这就要求地理信息系统与专家系统相结合，以借助专家们的知识和经验，模拟专家们的决策方法，使复杂的决策问题简化。

第二节 GIS 的数据模型

在数字计算机中，GIS 自然也是用数字来描述地理实体(或称为“地理对象”)的。地理实体在 GIS 中的这种数字组织与表达形式，即 GIS 的数据模型。

在 GIS 中，用于表示地理对象位置、分布、形状、空间相互关系等信息内容的数
据，被称为“空间数据”；而表示与空间位置无关的其他信息，如颜色、质量、等级、
类型等信息的数据，被称为“属性数据”。一般来讲，前者有复杂的数据结构，而后者
有丰富的数据形式。

目前，表示地理对象空间特征的数据，主要有两种数据模型——即矢量数据模型和
栅格数据模型，而地理对象属性数据的表示，则随其对应的空间数据模型的不同而有所
不同，详见图 1-1。

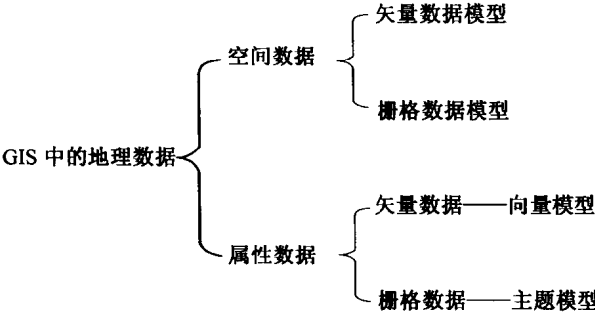


图 1-1 GIS 数据模型

1. 矢量数据模型

矢量数据模型是 GIS 主要的数据模型之一。类似于矢量地图，GIS 的矢量数据模型也是用点、线（或称“弧”）、面（或称“多边形”）三种主要的图形元素来抽象表示地理对象的。由于面（多边形）是线（弧）所围成的区域，线（弧）又是点的有向序列，所以，坐标点是矢量数据模型最基本的数据元素。所以说，GIS 的矢量数据模型，就是以坐标点的方式，记录抽象的点、线、面地理实体。

从理论上说，矢量数据描述的是连续空间，因而它能精确地表达地理实体的形状与位置，又可以通过点、线、面三种基本图元之间的联系，构筑地理实体及其图形表示的邻接、连通、包含等拓扑关系，从而有利于地理信息的查询、网络路径优化、空间相互关系分析等地理应用。

GIS 的矢量数据模型可以用相对较少的数据量，记录大量的地理信息，而且精度高，制图效果好。在地理信息系统发展早期，受计算机存储能力及计算速度的限制，它扮演了更为重要的角色。

2. 栅格数据模型

栅格数据就是用数字表示的像元阵列。其中，栅格的行和列规定了实体所在的坐标空间，而数字矩阵本身则描述了实体的属性或属性编码。

栅格数据是计算机和其他信息输入输出设备广泛使用的一种数据模型，如电视机、显示器、打印机等的空间寻址，甚至专门用于矢量图形的输入输出设备，如数字化仪、矢量绘图仪及扫描仪等，其内部结构实质上也是栅格的。

栅格数据最显著的特点就是存在着最小的、不能再分的栅格单元，在形式上通常表现为整齐的数字矩阵，且便于计算机进行处理，特别是存储和显示。

遥感数据是采用特殊扫描平台获得的栅格数据，它是地理信息系统最重要的数据来源之一，实践中更有以处理遥感影像数据为主的系统，因而实用的地理信息系统必然要求能够有效地处理来自遥感的栅格数据。

DTM（数字地形模型）和 DEM（数字高程模型）是 GIS 研究与应用的重要领域之一，它有着十分广泛的用途，而 DTM 及 DEM 常用的、最简单的表示形式就是栅格数字阵列，这些都对地理信息系统处理栅格数据的能力提出了很高要求。

此外，栅格数据存在着的“最小数据单元”，非常适宜于地理信息的“模型化”。因为无论怎样复杂的模型算法，在一个栅格单元内就成了纯粹的属性运算。随着计算机硬、软件技术的发展与突破，栅格数据占用存储空间大、图形数据精度差等缺点对一个实际运行的应用系统来说已不是很重要，利用它可以解决许多复杂的实际应用问题。

近年来，许多研究者在探索一种矢量——栅格一体化的数据模型，以实现这两种数据模型的统一。但这一探索目前仍处于研究阶段，其真正实现还有待时日。

3. 属性数据及其表示

GIS 中地理对象与位置、分布、形状等空间信息无关的特性用属性数据来表示。在矢量数据模型中，空间数据的单元是抽象化的点、线、面数据对象，其属性数据的具体内容，一般要比空间数据灵活，原因是其在很大程度上依赖于系统设计对属性数据的内容和处理要求。如“道路”属性的描述，可以有名称、起点、到达点、长度、路宽、路面性质、路面等级、林荫带的有无、最大容许车速、最大容许承压等等。这些属性数据，对于不同的信息系统有着各种选择的灵活性。如对于城市交通管理信息系统来说，这部分内容都是必需的，甚至还要补充；而对于城市人口信息系统来说，以上数据信息未必都是必需的。另外，对于同样是“线”实体的河流来说，属性数据又有更大不同。所以，同是点、线或面的空间数据类型，其属性数据会千差万别。

属性数据这种随应用而变化的随意性，决定了它不可能有统一的数据格式，因而从数据结构角度也难以建立各数据项之间的彼此联系，所以，GIS 矢量数据模型下的属性数据，一般处理为“属性向量”形式——即将各属性项看作是彼此无关的独立量(图 1-2)。

属性 1	属性 2	属性 3	属性 4	属性 5	属性 M
------	------	------	------	------	-------	------

图 1-2 GIS 的属性数据模型

至于栅格数据，由于数据单元对应的是区域空间，所以要表示区域空间内地物的属

性，就只能对整个区域空间使用一种属性类的划分，这就是该栅格阵列的内容或“主题”。栅格数据这种以“主题”命名属性类别的方法我们称之为“主题模型”。也就是说，一个栅格矩阵单元对应一种属性主题，如 DEM、地面坡度和坡向、土地利用类型等等，至于每一个栅格单元的具体内容，不过是同一主题下的不同取值罢了。

4. 空间数据与属性数据的连接

在 GIS 的矢量数据模型中，由于空间数据和属性数据采用了完全不同的数据结构模式，因此，为了实现空间数据对象与其属性数据的统一，就必须将两者连接起来，这一般通过一个共同的内部标识来实现（图 1-3）。

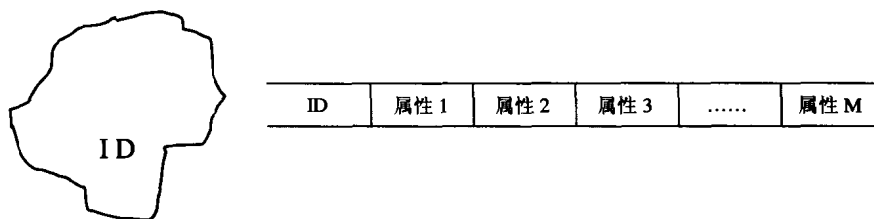


图 1-3 空间数据与属性数据的连接

第三节 地理信息系统的空间分析功能

地理信息系统区别于其他管理信息系统的最主要特征，是它具有管理地理空间数据，并能按照其在实际空间的相对位置关系对之进行处理分析的能力。它对地理空间数据的这种处理分析功能，组成了地理信息系统实际应用的主要方面。

在此，我们拟对 GIS 中常用的空间分析功能作概括性介绍，有关空间分析方法及其在 ArcView 中应用的细节，将作为本书的重点内容在第八章“空间分析导论”及其以后的章节中陆续介绍。

1. 数字地形模型

1) 数字地形模型 (Digital Terrain Model, 简称 DTM)

数字地形模型，通常定义为描述地面特征空间分布的有序数值阵列。其坐标空间用 x, y 或经、纬度来定义，地面特征可以是地貌、土壤、土地利用、土地权属等等。DTM 可以是每三个坐标值为一组元的散点结构，也可以是整体的数字阵列，或由多项式或傅里叶级数所确定的曲面方程。

数字地形模型是对区域地理空间数据描述的基本形式和手段之一，是进行地理空间分析的基础数据。

2) 数字高程模型 (Digital Elevation Model, 简称 DEM)

将数字地形模型的地面特征用于描述地面高程，这时的 DTM 被称为“数字高程模型”，简称 DEM。

数字高程模型是建立各种数字地形模型的基础，通过 DEM 可以方便地获得地表的

各种特征参数，其应用可遍及整个地学领域。如在测绘中可用于绘制等高线、坡度图、坡向图、立体透视图、立体景观图，并应用于制作正射影像图、立体景观片、立体地形模型及地图的修测；在各种工程中可用于体积和面积的计算、各种剖面图的绘制及线路的设计；军事上可用于导航（包括导弹及飞机的导航）、通讯、作战任务的计划等；在遥感中可作为分类的辅助数据；在环境与规划中可用于土地现状分析、规划及洪水险情预报等。

2. 空间统计分析

空间统计分析就是以空间地理实体为对象，对其形状、分布、空间相互关系进行的统计分析。空间统计分析在动、植物分布及生物种群研究，景观生态学，环境保护等领域用途广泛。如在景观生态学及相关研究中，常用的多样性指数（如丰富度、均匀度、优势度等）、镶嵌度指数（如集聚度）、距离指数（如最小距离指数、连接度指数）、生境破碎化指数等，都可以通过对地理空间数据的坐标和属性数据，进行诸如空间自相关分析、变异矩和相关分析、波谱分析、空间趋势面分析及空间插值方法得到。

3. 空间叠置分析

空间叠加就是将两个或多个图层以相同的空间位置重叠在一起，经过图形和属性运算，产生新的空间区域的过程。叠加的每幅图层称为一个叠置层，每个叠置层带有一个将用于综合运算的属性，一个叠置层反映了某一方面的专题信息。

叠加中的图形运算的复杂程度视数据结构的不同而有所不同。栅格数据由于已是对空间的规则划分，所以没有空间图形的运算，因为各个栅格的位置、大小对叠置层都应该是一致的。相比之下，矢量图的叠加就要复杂得多，这种复杂性来源于对空间线划相交的判断与计算，以及空间对象拓扑结构的重建等。由于矢量数据的图形精度高于栅格数据的精度，所以，矢量数据叠加的结果一般也优于栅格数据叠加的结果。

空间实体有点、线、面三种基本类别，叠加运算一般是在面状数据层之间或点、线要素数据层对面状数据层进行的，极少数情况也涉及到点-线的叠加操作。

4. 缓冲区分析

缓冲区是以某类图形元素（点、线或面）为基础拓展一定的宽度而形成的区域。缓冲区在实际工作中具有重要意义，如查找一个噪声点源的影响范围可以以该点源为中心建立一个缓冲区，缓冲区的半径即最远的影响距离；又如一个飞机场噪声的影响范围是以飞机跑道为基准向外扩展的范围；在城市建设中，常常涉及拓宽道路的问题，拓宽道路需要计算房屋拆迁量，这需先用现有道路边线向外扩展一定的宽度而形成缓冲带，将该缓冲带与有关建筑物的数据层进行对比分析（或叠加分析），即可计算出拆迁量。

缓冲操作后形成一个或多个多边形区域，单独的缓冲区操作并没有太大的实际意义，缓冲区功能必须与其他空间分析一起使用才能发挥应有的作用。如前面的道路扩建例子，如果没有房屋层数据，不利用叠加功能，那么拆迁量是无法计算的。因此，缓冲区操作应理解为为达到某种目的而进行的一系列空间分析中的一部分，其数据可能来源于其他分析结果，其成果也能为进一步的分析提供数据。

此外，缓冲区操作可以是以矢量数据结构为基础进行的，也可以以栅格数据结构为基础进行。栅格数据的缓冲区操作具有相同的规律，只是运算更为简单，并且具有明显的扩展（见随后的介绍）特色。

5. 空间扩展

缓冲区的区域内部是同值的，没有远、近与强、弱之分。如一个人从某点出发，十分钟所能走的路程范围是以该点为中心的一个圆，在缓冲区操作中该圆的内部被认为具有一致的属性，即为统一的“十分钟路程”区域。现假定要考察该区域内部的情况，如想知道每分钟向外行走的区域分布，此类问题就是所谓的空间扩展问题。

空间扩展是从一个或多个目标点开始逐步向外移动并同时计算某些变量的过程，适用于评定随距离而累加的现象。如上述例子中，向外行走累计的是时间，该值随距离的增大而增大。

扩展功能的突出特点是对每一步的评价函数的累计值都进行了记录，常见的评价函数为距离求和、时间求和（累计），其间也考虑到限制因素。

6. 网络分析

对地理网络进行地理分析和模型化，是地理信息系统中网络分析功能的主要目的。网络分析是运筹学的一个基本模型，它的根本目的是研究、筹划一项网络工程如何安排，并使其运行效果最好。这类问题在生产、社会、经济活动中不胜枚举，因此进行网络分析研究具有重大意义。

所谓网络(Network)，是指线状要素相互连接所形成的一个线状模式，如道路网、管网、电力网、河流网等。网络的作用是将资源从一个位置移动到另一个位置。资源在运送过程中会产生消耗、堵塞、减缓等现象，这表明网络系统中必须有一个合理的体制，使得资源能够顺利流动。

网络功能用于模拟那些难以直接量测的行为。一个网络模型中，实际的网络要素由一套规则及数学函数描述。而基于空间信息系统的空间网络分析则往往是将这些规则及数字上的描述通过某些形式转换到空间及属性数据库中，以便于运算。

网络分析是在线状模式基础上进行的，线状要素间的连接形式十分重要，而这种连接以矢量数据结构描述最好，因而一般系统中的网络功能都以矢量数据来实现。

网络分析的形式有多种，常用的三种功能为：网络负荷预测、线路优化（最优路径）和资源分配。

7. 三维分析

三维信息是二维平面信息向立体方向的扩展，日常人们所见的地形起伏，高耸的建筑物等都是三维的概念，它们是现实世界的真实体现。从测绘的角度讲，地形图纸是一个平面，它不能直观描述真实世界的三维景观，于是只能在测绘图上间接地表示出来，如用等高线方式描述地形的起伏状况，用层数标注来大体说明建筑物的高度等等。随着对二维平面数据结构及其分析方法研究取得比较成熟的成果，对三维方法的研究势在必行，三维分析功能也逐渐成为地理信息系统功能的一个重要组成部分。

第四节 ArcView GIS 简介

ArcView 是美国 ESRI (环境系统研究所) 的 GIS 产品, ESRI 是地理信息系统业界的著名企业, 其发展基本上代表了国际地理信息系统技术的前沿水平。ESRI 另一个与 ArcView 相媲美的 GIS 产品即著名的 Arc/Info 软件, 它们都以技术可靠、算法先进、实用性强而著称于世。相对于 Arc/Info, ArcView 更方便、灵活, 且操作简单、通用性强, 特别适用于地理信息系统应用的普及和对传统信息系统的 GIS 化。

1. 桌面地理信息系统

什么是桌面地理信息系统, 目前 GIS 界还没有一个完全一致的定义。普遍认为, 桌面地理信息系统就是运行于桌面计算机 (图形工作站及微型计算机的统称) 上的地理信息系统。但也有人认为, 桌面地理信息系统是不以专门的地理信息工程为目标, 而是通过地图界面查询各种信息并融合常用地理分析技术的信息系统。总而言之, 桌面地理信息系统可理解为是运行于较低硬件性能指标上的较为大众化、普及化的地理信息系统。

桌面地理信息系统是地理信息系统走向普及和社会化的标志, 其技术水平也反映了地理信息系统技术的应用水平和普及化程度。从这点上说, 桌面地理信息系统也是一项发展的技术。随着 GIS 总体技术的发展和 GIS 应用的普及, 桌面地理信息系统的功能也在不断的增强与发展之中, 今天有代表性的桌面地理信息系统, 已不是早期的只为管理信息系统提供地图查询界面和实现简单功能的地理分析, 而是不断融合了地理信息系统各种成熟了的实用技术, 如空间分析、网络分析、三维分析等等, 使原来只在极专业化地理信息系统中出现的地理分析模型也进入了桌面地理信息系统。在这些桌面地理信息系统中, ArcView 可以说是它们的典型代表。

2. ArcView 的基本功能模块及其扩充

ArcView 采用了可扩充的结构设计, 整个系统由基本模块和可扩充功能模块构成。其基本模块包括对视图 (Views)、表格 (Tables)、图表 (Charts)、图版 (Layouts) 和脚本 (Scripts) 的管理。这些基本功能模块可以完成:

1) 创建基于 GIS 的电子地图

ArcView 的矢量数据模型, 支持创建基于 GIS 的电子地图, 电子地图中的任何图元对象, 都具有系统赋予的惟一内部标识, 从而可以对其进行各种访问。

2) 为电子地图中的地理对象连接属性信息

ArcView 对电子地图中具有内部标识的任一图元对象, 都可以组织和建立与其相关的属性信息, 从而形成完整地图对象的信息结构。

3) 空间数据与属性数据的交叉查询

在 ArcView 所创建的电子地图中, 可以通过地图对象查询得到其相应的属性信息, 也可以根据属性值或属性值的范围, 通过 SQL (结构化查询语言) 查询操作, 构造符合查询条件的逻辑表达式, 在地图中查找到相应的空间数据对象, 从而实现地图空间数据与属性数据的交叉查询。

4) 建立基于空间数据与属性数据的分析图表

ArcView 支持六种类型的图表,即面图(area)、水平直方图(bar)、柱状图(column)、线图(line),饼图(pie)和坐标散点图(x y scatter),每种类型的图表均有几种变型可供选择。ArcView 图表实现了对表格数据的动态与直观显示,图表将信息快捷直观地传递给用户,而这些信息如果用其他方法获取,则需要花费很长时间。

使用图表可以显示、比较、查询属性信息,如点击饼图中某一扇片,则可以自动查询出其表达的记录数据或其他信息。另外,图表也是动态的,因为图表表达的是表格数据的当前状态,对表格数据的改动,会自动反映到图表中。

5) 制作地图图版

图版是一个文档,ArcView 通过图版设计,可以创建和输出高质量的地图。图版可以由各种文档、图形和文本组成,项目中的视图、表格、图表也可以放在图版之中。图版的设计是在 ArcView GIS 的图形用户接口(GUI)中完成的。在图版的 GUI 中,有按钮和其他工具可供绘制、拖放和编辑图版选用。图版设计完成后,可以将之保存为图版模版供日后使用,也可以将图版打印或绘制成硬拷贝。

除了这些基本模块之外,ArcView 还包括大量可扩充功能模块,正是借助于这些可扩充的功能模块,ArcView 才可以完成大量的空间分析任务。

这些可扩充的功能模块包括:① 空间分析(Spatial Analyst)模块:使桌面用户可以创建、查询、分析基于栅格的光栅地图,可以通过多数据层查询信息。基于栅格的光栅数据的空间分析和可视化工具与 ArcView 的基于矢量的操作的结合,提高了 ArcView 在分析、建模、可视化、制图方面的能力;② 网络分析(NetWork Analysis)模块:用于解决各类地理网络问题(街道、高速公路、河流、管线)。如寻找效率最高的行车路线,生成行车方向,寻找最近的应急或服务设施,根据时间确定服务或销售区域等;③ 三维分析(3D Analyst)模块:为桌面用户提供了三维表面模型以及交互式的三维透视观察功能。为了支持复杂的三维表面分析,三维分析模块支持在 ArcView 中建立和使用不规则三角网(TIN)。三维分析模块还支持光栅数据分析,并提供由表面数据内插 z 值生成三维 Shape 文件的工具,可以在 ArcView 中建立、显示以及分析三维数据;④ 绘图输出(ArcPress for ArcView)模块:主要用于绘图文件光栅化。它帮助 ArcView 用户将绘图文件转化成光栅格式,提高绘图输出质量。使用绘图输出模块将地图或影像输出到不同型号的标准绘图设备,或转化为其他格式,这为 ArcView 用户提供了很好的输出工具;⑤ 影像分析(Image Analyst for ArcView)模块:为已有的基于栅格的空间分析工具作了补充,提供一种简单的、直观的方法来访问大量的影像数据,完成影像可视化、影像增强、地图注册、特征提取、影像分类及简单的变化监测功能;同时提供一种直接的途径可以对 Erdas Image 进行复杂的地学成像和处理;⑥ 追踪分析(Tracking Analyst for ArcView)模块:允许在 ArcView 环境中直接接收、回放 GPS(全球定位系统)等实时数据,并允许实时地利用这些数据进行空间分析,它还可以应用于车辆跟踪、飞行跟踪、野生动物追踪及其他一些领域;⑦ ArcView 因特网地图发布(ArcView Internet Map Server)模块:为用户提供 Internet 功能,如为用户提供现成的 HTML 网页,也可按需要生成网页片断,嵌入用户的网页中。用户可用 ArcView 的开发工具 Avenue 来实现制图和查询功能。

3. ArcView 系统的安装

ArcView 系统的安装和一般的计算机软件安装基本相同，运行系统盘上的“SETUP.EXE”安装程序，按照安装程序的有关提问做出回答，即可正确安装 ArcView 系统，但需注意以下几点：① ArcView 系统下的安装程序，只对系统主模块进行安装，对于其他外挂模块，还必须运行该外挂模块相应的安装程序；② 3.1 版以前的 ArcView 外挂模块并不完全都是独立的，如“三维分析”模块和“空间分析”模块，就存在某种依赖关系。“三维分析”模块必须在“空间分析”模块存在时才能正确运行，一般安装时也必须先安装空间分析模块，再安装三维分析模块，否则三维分析模块不能正确运行；③ 有多个外挂模块的系统中，其相应功能的调用需要在 File 菜单下的 Extensions 子菜单中设定。设定时，系统打开一个 Extensions 对话框（图 1-4）。

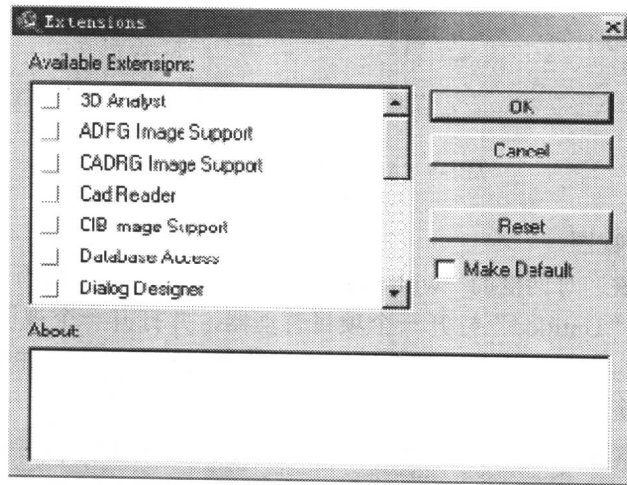


图 1-4 Extensions (功能扩展) 对话框

用户只需选定 Available Extensions 列表框中相应的选项，按 OK (确认) 按钮即可。

4. ArcView 的基本操作界面

1) 系统进入运行的初始界面

打开 ArcView 系统，首先呈现在用户面前的是如下所示的一个项目管理和欢迎对话框（图 1-5）。

这时，用户面临三种选择：① 建立一个新的视图；② 建立一个新的项目；③ 打开一个已有的项目。

这是一个模式对话框，用户必须有所应答或关闭该对话框方可进行下一步，但用户可去掉该对话框最后一行检查框中的选定标记，在以后的启动中就不再出现该对话框，而直接到菜单栏中选取相应的菜单功能。

ArcView 以项目(Project)作为基本的应用单元，所以启动 ArcView 的同时也打开一个项目管理器，此时无论用户作何回答，该项目管理器都会进入管理状态。有关项目管

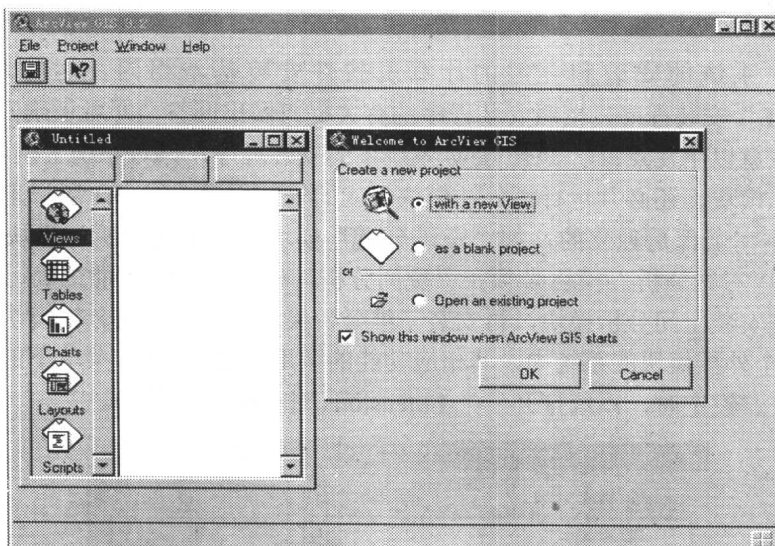


图 1-5 ArcView 初始用户界面

2) 建立一个新视图

当用户选中该欢迎对话框的“with a new view”，即建立一个新的视图时，ArcView 则以缺省名称——“Untitled”打开一个项目管理器，并打开一个视图窗口（View 1）和一个问讯对话框，询问用户是否马上进行空间数据的输入操作，并为输入操作准备好相应的菜单和图标资源（图 1-6）。

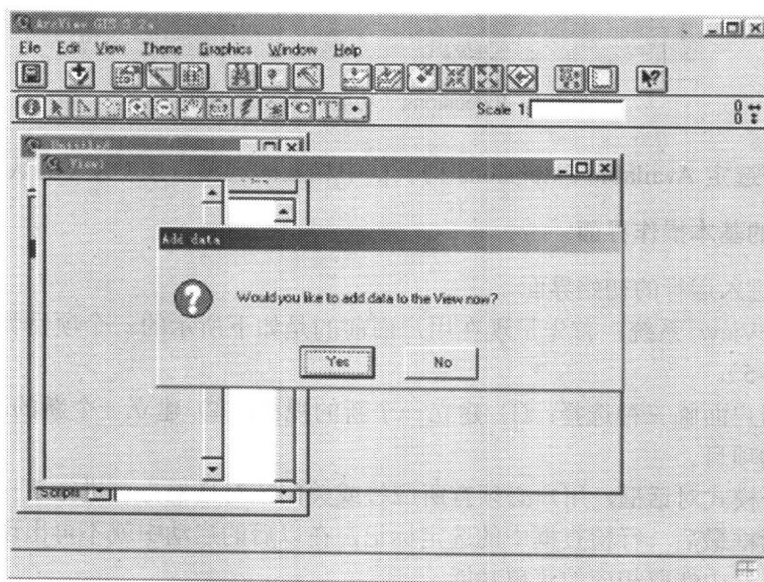


图 1-6 建立新视图

一般情况下，这时用户应进行空间数据的输入操作，如打开已有的 shape 文件或遥感影像文件等等，也可以直接创建这些 ArcView 文件，有关更详细的操作说明将在以